利用卵形捕植蟎*Amblyseius ovalis*綜合防治胡瓜銀葉粉蝨*Bemisia argentifolii*

白桂芳[1,3]　施劍鎣[2]　王前智[2]

[1]彰化縣　臺中區農業改良場作物環境課

[2]台中市　國立中興大學昆蟲學系

[3]通訊作者　彰化縣大村鄉田洋村松槐路370號

摘　要

銀葉粉蝨 *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring 顯著影響胡瓜瓜實產量。卵形捕植蟎族群於網室胡瓜上依銀葉粉蝨而存活及增殖，對銀葉粉蝨族群的抑制效果與化學防治間無差異；天敵釋放區之胡瓜產量 (324.56 kg/0.01 ha) 為對照區 (186.08 kg/0.01 ha) 的 1.74 倍。建議銀葉粉蝨初遷至胡瓜植株，或粉蝨成蟲密度達 10 隻 / 株時，即釋放卵形捕植蟎成蟎（ 7 隻 / 株或 14 隻 / 株），可獲致較佳的抑制銀葉粉蝨之效果，並確保胡瓜產量。接種釋放卵形捕植蟎可顯著降低銀葉粉蝨族群密度，若配合施用選擇性的化學藥劑，將可建立完整的銀葉粉蝨綜合管理模式。

關鍵詞：卵形捕植蟎、銀葉粉蝨、釋放密度、胡瓜產量。

前言

粉蝨類害蟲之生物防治始於 *Encarsia formosa* (Gahan) 防治網室內之溫室粉蝨 (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood))[30]，近來學者多探討寄生蜂對銀葉粉蝨之寄生率與防治效果 [13, 22]，捕食性天敵則以瓢蟲科 (Coccinellidae) 之 *Serangium* spp.、*Delphastus* spp.、*Nephaspis* spp.，草蛉科 (Chrysopidae) 之 *Chrysoperla* spp. 及捕植蟎類爲主要研究的重點 [10, 16, 20, 23, 31, 32]。此外，尙有寄生性蟲生眞菌 *Paecilomyces*、*Verticillium*、*Beauveria* 等屬寄生銀葉粉蝨 4 齡若蟲 [18]。

Teich [35] 首先探討捕植蟎 *Euseius rubini* (Swirski & Amitai) 對煙草粉蝨之捕食能力，爾後諸多學者亦證實 *Euseius aleyrodis* Elbadry、*Euseius hibisci* (Chant)、*Amblyseius swirski* Athias-Henrolt、*Typhlodromus occidentalis* Nesbitt 捕食粉蝨 [9, 23, 33, 34]。然諸多報導僅見於試驗室之結論，有關捕食性蟎類與銀葉粉蝨之田間相互關係的研究則付之闕如。

卵形捕植蟎 *Amblyseius ovalis* (Evans) 分佈於東南亞、台灣及中國東南地區，爲台灣地區重要且深具利用價值的捕食性蟎類 [3]。Chang et al.[4] 及 Shih et al.[28] 對卵形捕植蟎取食數種葉蟎、花粉與人工食餌等有詳細報導。Shih and Wang[27] 與 Wang and Shih[38] 則就卵形捕植蟎對二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch) 之功能反應加以探討。然而卵形捕植蟎之研究範圍除對葉蟎捕食作用外，迄未曾就該捕植蟎與昆蟲害蟲間之相互關係作用報導之，亦未見將此捕食性天敵應用於田間害蟲管理之研究。本研究探討設施胡瓜上釋放卵形捕植蟎對銀葉粉蝨族群之作用力及評估釋放比例與其經濟效益，俾供日後應用本捕植蟎管理粉蝨族群之參考。

材料與方法

銀葉粉蝨及卵形捕植蟎之原始族群、供試蟲定齡

採自彰化縣福興鄉胡瓜 (*Cucumis sativus* L.) 植株之銀葉粉蝨成蟲，飼育於台中區農業改良場養蟲室內之胡瓜上，經累代飼育而建立銀葉粉蝨的試驗蟲源，以下簡稱銀葉粉蝨原始族群。

於生長條件爲 28 ±1°C，80-85% R.H.，光週期 13L:11D，平均光照度 4100 Lux 等條件的走入式植物生長室內，置多座不銹鋼昆蟲飼育架（長 160cm，寬

65cm ，每層淨高 63cm ，共三層），每層上方設二支 40 watts Sylvania 之 Gro-Lux ws (r) 燈管，供繁殖銀葉粉蝨試驗族群。自銀葉粉蝨原始族群中挑選具四齡若蟲之胡瓜葉片，放置於壓克力養蟲箱（長 78cm 、寬 40cm 、高 52cm ）內之盆植胡瓜株葉上，待粉蝨成蟲羽化後，即可獲一日齡成蟲，供本試驗之材料。部份銀葉粉蝨原始族群接入卵形捕植蟎，以建立卵形捕植蟎原始族群。由卵形捕植蟎原始族群中挑選若干雌蟎，並移置於已染有銀葉粉蝨之盆植胡瓜株上，任其產卵 24 小時後移除雌蟎，再置於植物生長室之壓克力養蟲箱內，待捕植蟎完成發育期及一日齡後，供本研究之用。

單偽結果之達豐®品種胡瓜，具有全株雌花且不需授粉即可正常結果之園藝性狀。為降低其他生物之干擾及避免胡瓜授粉不全影響瓜實產量之精確度，故選擇此品種於設施網室內進行捕植蟎防治銀葉粉蝨及胡瓜產量調查等試驗。

不同釋放量之捕植蟎對銀葉粉蝨族群之抑制力

於台中區農業改良場試驗田之三棟網室（每棟長 25 公尺、寬 8 公尺，約 0.02 公頃，上覆透明塑膠布，四周封以 48 網目之白色絹網），分別點播達豐®胡瓜種子 60 株（每棟 4 畦，每畦種 1 行，每行 15 株）。待胡瓜植株生長至 4-5 片本葉時（約點播後第 22-24 天），每株胡瓜地際部放置一內含 5 對 2-3 日齡銀葉粉蝨成蟲之透明玻璃瓶，任其感染胡瓜植株。三棟網室 (Gn-7 、 Gn-14 處理組及 Gn-CK 對照組）的卵形捕植蟎釋放方法為：

釋放 7 隻 *A. ovalis* （ Gn-7 ）：釋放粉蝨後，每株胡瓜立即以 00 號白圭筆移入 7 隻 2-3 日齡卵形捕植蟎（ 5 ♀ +2 ♂ ）。

釋放 14 隻 *A. ovalis* （ Gn-14 ）：釋放粉蝨後，每株胡瓜立即以 00 號白圭筆移入 14 隻 2-3 日齡卵形捕植蟎（ 10 ♀ +4 ♂ ）。

對照組 (Gn-CK) ：未釋放捕植蟎。

銀葉粉蝨及捕植蟎釋放後的每 4 日（ 4 ， 8 ， 12 ， ...44 日），分別自三處理區各逢機取樣 20 株，計算每株胡瓜上之粉蝨成蟲數及卵形捕植蟎之活動期（幼、若及成蟎）數量。

釋放卵形捕植蟎防治銀葉粉蝨對胡瓜產量之影響

同前述之三棟網室，於深耕施基肥及整地後，點播達豐®胡瓜種子 60 株，生育期間施以追肥三次（複合肥 43 號， N ： P ： K=15 ： 15 ： 15) 。待胡瓜植株生長至 4-5 片本葉時，每株胡瓜地際部放置一內含 5 對 2-3 日齡銀葉粉蝨成蟲之透明玻璃瓶，任其感染胡瓜植株。該三網室胡瓜分別為：釋放捕植蟎的生物防治區，藥劑

防治區及對照區。

生物防治區 (Gn-BC，Greenhouse 14 *A. ovalis* released per plant)：釋放粉蝨後每株胡瓜立即以 00 號白圭筆移入 14 隻 2-3 日齡卵形捕植螨 (10 ♀ +4 ♂)。每 10 日以殺菌劑 60% 撲滅寧 (Procymidone) 2000 倍噴施一次 (防治胡瓜白粉病)。

藥劑防治區 (Gn-Chem，Greenhouse chemical measurement)：依化學防治慣行農法，以殺菌劑 60% 撲滅寧 2000 倍並混合銀葉粉蝨防治藥劑 9.6% 益達胺 (Imidacloprid) 溶液 1500 倍，每 10 日噴施一次。

對照區 (Gn-Fg-CK，Greenhouse control with fungicide measurement only)：每 10 日噴施 60% 撲滅寧 2000 倍一次。

三處理組自胡瓜結果期開始，每日採收並記錄各網室之瓜實產量至產期結束。

結果

卵形捕植螨對銀葉粉蝨之防治效果

銀葉粉蝨族群於網室胡瓜上之增長顯然受卵形捕植螨之影響。釋放 7 *A. ovalis* 區 (Gn-7) 及釋放 14 *A. ovalis* 區 (Gn-14) 內的銀葉粉蝨密度於釋放捕植螨後的第 36 日顯著低於未釋放捕植螨區 (Gn-CK) 之對照組 (表一、圖一)，及至第 44 日，對照組之粉蝨成蟲密度高達 248.7 (61.2 隻 / 株；而 Gn-7 區及 Gn-14 區，則分別為 82.3 (31.2 隻 / 株及 61.9 (21.4 隻 / 株。二捕植螨釋放區內之粉蝨成蟲密度差異不顯著 (表一、圖一)。

此外，卵形捕植螨之族群密度隨釋放後之天數而增高，Gn-7 及 Gn-14 二釋放區的捕植螨幼螨、若螨及成螨總密度具顯著差異 (表二)，並分別於釋放後第 44 日達 124.3 ± 39.8 隻 / 株及 168.7 ± 52.5 隻 / 株；且捕植螨較高釋放密度區 (Gn-14) 的二次族群增殖曲線均較高及需時較短 (表二、圖二)。

卵形捕植螨防治銀葉粉蝨對胡瓜產量之影響

單偽結果之達豐®品種胡瓜，於接種銀葉粉蝨後，分別以農民慣行之化學藥劑及釋放卵形捕植螨等二種方式管理，胡瓜自點播後第 35 天即進入採收，採收期達 36 日 (圖三)。胡瓜產期結束前，即點播後第 71 日內，藥劑防治區 (Gn-Chem) 及生物防治區 (Gn-BC) 之胡瓜總產量分別為 368.76 kg/0.01 ha 及 324.56 kg/0.01 ha，對照區 (Gn-Fg-CK) 則僅為 186.08 kg/0.01 ha (圖三)。生物防治及藥劑防治區胡瓜累積產量，於採收期第 24 日 (胡瓜種子點播後第 59 日) 起的盛產期方顯著高於對照區 (表三、圖三)。

表一、網室胡瓜釋放卵形捕植蟎對銀葉粉蝨族群增長之影響

Table 1. Effect of *Amblyseius ovalis* released on the population growth of *B. argentifolii* on cucumber in saran house

Treatment	N	No. of *B. argentifolii* adults (X±SD) per plant and days after *A. ovalis* released								Control rate (%) (CK-Treat.)/CK
		4	20	24	28	32	36	40	44	
7 *A. ovalis* (5♀+2♂) released	20	5.6±2.2 a	8.5±5.9 a	8.4±5.6 a	13.9±9.7 a	19.6±10.1 a	21.4±16.0 a	34.1±20.1 a	82.3±31.2 a	66.9
14 *A. ovalis* (10♀+4♂) released	20	5.6±1.8 a	6.8±5.6 a	7.5±5.6 a	9.7±5.5 a	14.7±5.9 a	17.8±11.2 a	25.7±12.3 a	61.9±21.4 a	75.1
CK (non-released)	20	5.2±1.5 a	12.8±8.6 a	13.9±8.7 a	24.3±21.5 a	36.2±22.9 a	89.6±22.0 b	137.1±36.8 b	248.7±61.2 b	--

Mean followed by the same letters in the same column are not significantly different at p = 0.05 by Fisher's LSD test.

表二、卵形捕植蟎於網室胡瓜上之族群增長

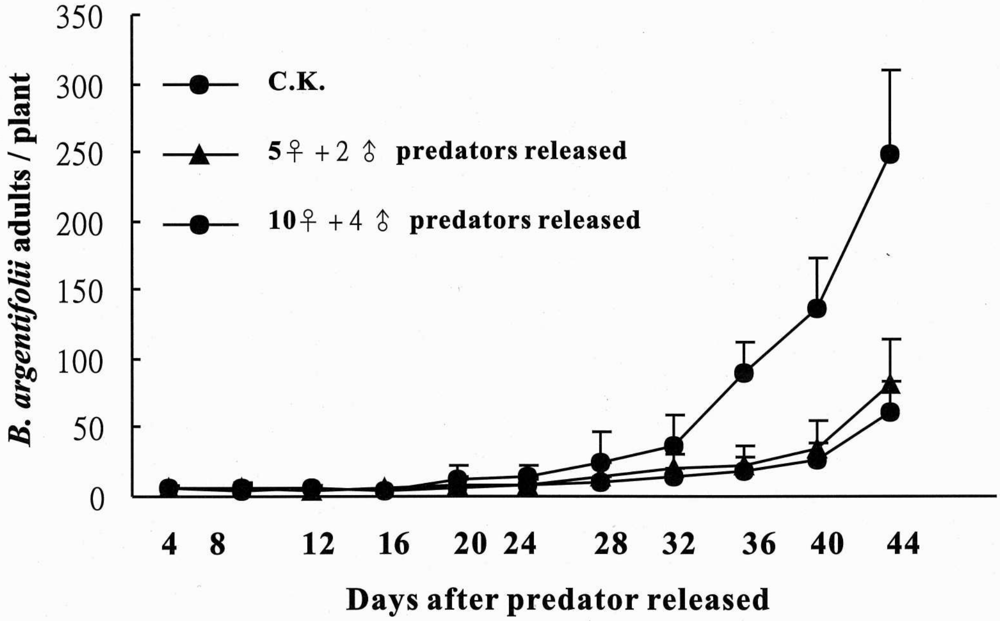
Table 2. Population growth of *Amblyseius ovalis* on cucumber in saran house

Treatment	N	No. of *A. ovalis* active stages (X ± SD) per plant and days after *A. ovalis* released								
		4	16	20	24	28	32	36	40	44
7 *A. ovalis* (5♀+2♂) released	20	4.1±1.2	15.1±5.7	21.2±7.6	14.9±6.6	52.8±24.7	59.8±20.9	68.4±24.8	98.6±41.5	124.3±39.8
14 *A. ovalis* (10♀+4♂) released	20	8.1±1.7	32.9±7.7	33.3±13.1	32.1±12.2	74.2±37.7	110.2±46.1	108.6±50.1	187.3±61.2	168.7±52.5
t-test value ($t_{0.05;39=1.645}$)		8.584*	8.309*	3.602*	5.544*	2.123*	4.453*	3.216*	5.365*	3.014*

表三、化學藥劑及卵形捕植蟎防治銀葉粉蝨對網室胡瓜產量之影響

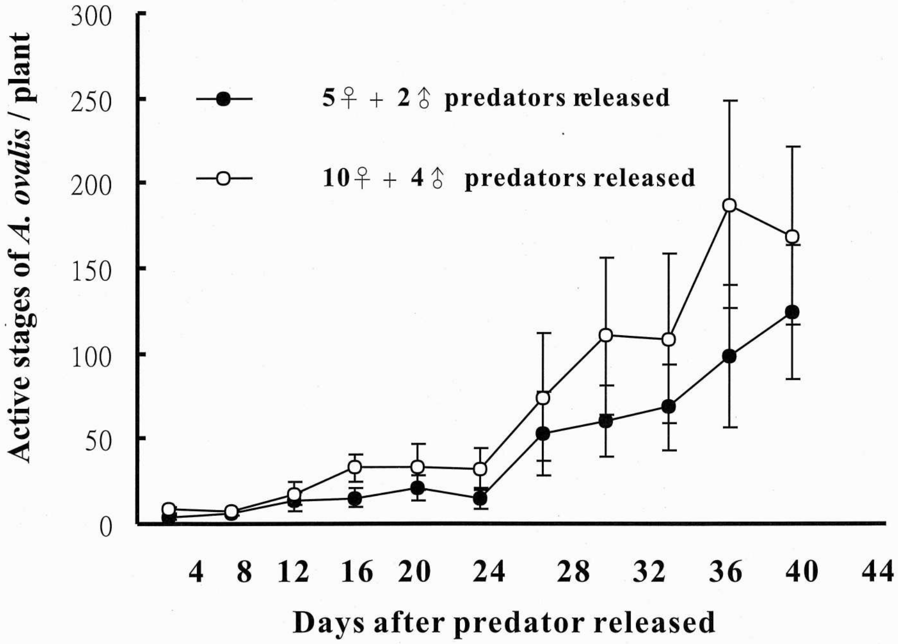
Table 3. Effect of the *Amblyseius ovalis* and the pesticides controlling of *Bemisia argentifolii* on cucumber yield in saran house

Treatment	Cumulative yield (X±SD) Kg/days after sowing							Yield added (%) (Treat.—CK) /CK
	35	41	47	53	59	65	71	
Chemical control (Gn-Chem)	1.16	11.76	32.76	101.86	202.66	332.26	368.76	98.2
Biological control (Gn-BC)	1.16	12.36	27.86	93.16	181.46	307.26	324.56	74.4
CK (Gn-FG-CK)	2.88	20.38	52.68	88.18	141.98	181.28	186.08	--



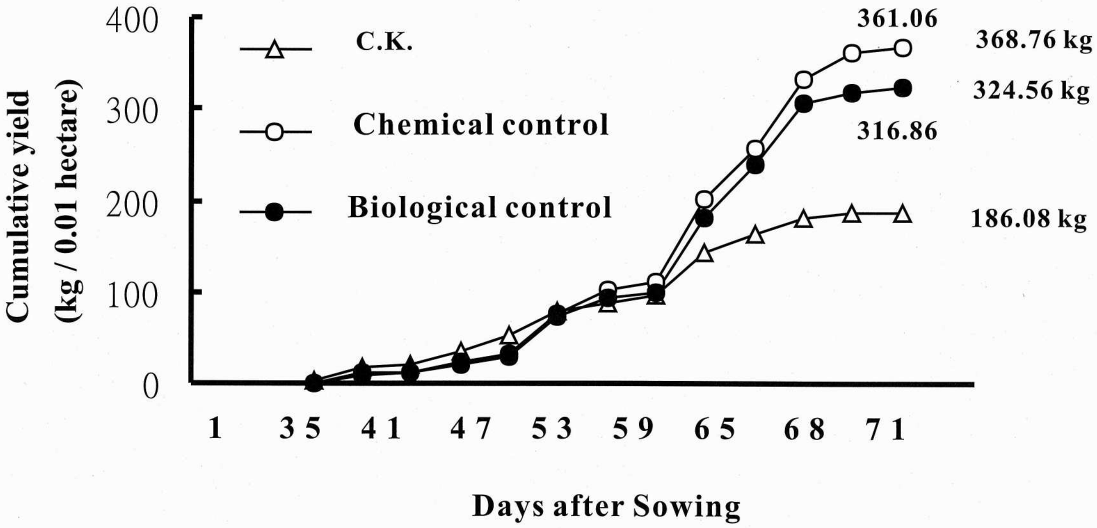
圖一、卵形捕植蟎釋放後銀葉粉蝨於胡瓜上之族群增長

Fig. 1. Population growth of *Bemisia argentifolii* on cucumber after *Amblyseius ovalis* released.



圖二、卵形捕植蟎釋放後族群在胡瓜上之增長

Fig. 2. Population growth of *Amblyseius ovalis* on cucumber after parents released.



圖三、化學藥劑及卵形捕植蟎防治銀葉粉蝨對網室內達豐胡瓜產量之比較

Fig. 3. Comparison of yield between pesticides and *Amblyseius ovalis* for controlling *Bemisia argentifolii* on cucumber var. Ta-Feng in saran house.

討論

釋放卵形捕植蟎防治銀葉粉蝨之效果

網室內釋放 7 隻（5 雌及 2 雄；Gn-7）或 14 隻（10 雌及 4 雄；Gn-14）的卵形捕植蟎，於釋放後第 24 日起捕植蟎密度才顯著增高（表二、圖二），以卵形捕植蟎世代時間 10.63-12.17 日（未發表）推測，此時網室胡瓜上之捕植蟎族群應爲第 2 代，而銀葉粉蝨族群顯著受到天敵抑制的時間點爲卵形捕植蟎釋放後的第 36 日（圖一）。據此推估，卵形捕植蟎在胡瓜田對銀葉粉蝨族群具顯著抑制作用當在其第 2-3 代時。胡瓜感染銀葉粉蝨的初期（10 成蟲 / 株）釋放 7 隻（5 雌 +2 雄）或 14 隻（10 雌 +4 雄）卵形捕植蟎，均可有效抑制銀葉粉蝨族群，且田間胡瓜生育後期，即胡瓜點播後 64 日或卵形捕植蟎釋放後 36 日，捕植蟎密度維持在 68-108 隻 / 株或以上時，可持續有效的控制粉蝨族群（表一、二，圖一）。

本研究採接種釋放 (Inoculative release)，冀望由天敵的子代來發揮抑制銀葉粉蝨族群的力量，網室胡瓜採接種釋放卵形捕植蟎防治銀葉粉蝨可有效降低粉蝨族群密度達 66.9-75.1%（表一），顯然於設施內釋放卵形捕植蟎可獲致抑制胡瓜銀葉粉蝨密度的效果，相對於對照區 (Gn-Fg-CK) 可增加 74.4% 的胡瓜產量（表三）。淹沒式釋放天敵之策略在於力求當代天敵立竿見影的效果 [13]，以淹沒式釋放 *Neoseiulus (Amblyseius) cucumeris* (Oudemans) 及 *N. (A.) californicus* (McGregor) 防治草莓二點葉蟎，則可獲得 71-81% 的防治率 [7]。瓢蟲 *Delphastus pusillus* 具捕食粉蝨各齡期若蟲之能力，且可降低 55-67% 之銀葉粉蝨族群密度 [16]；卻常因粉蝨之寄生性天敵 *Encarsia* spp. 的干擾而減低瓢蟲在田間的作用力 [14]。瓢蟲及草蛉等捕食性天敵對銀葉粉蝨的防治效果與植物葉表剛毛的多寡呈負相關，反觀銀葉粉蝨在多毛的植物葉表上卻有較快的發育速率 [20]。緣此，體型較大之天敵（如瓢蟲及草蛉）在葉表多毛的葫蘆科作物上對銀葉粉蝨之作用力並不明顯 [10]。卵形捕植蟎爲本地產捕植蟎類，其族群與銀葉粉蝨族群間之正相關關係顯著及二者族群在田間具同律性（未發表），顯然卵形捕植蟎在胡瓜植株上可有效地控制粉蝨族群。因此，利用及釋放卵形捕植蟎防治胡瓜銀葉粉蝨之技術具可行性。

釋放卵形捕植蟎防治銀葉粉蝨對胡瓜產量之影響

設施網室內釋放卵形捕植蟎以抑制銀葉粉蝨族群（生物防治區），具商品價值的胡瓜總產量 (324.56 kg/0.01 ha) 與化學藥劑防治區之 368.76 kg/0.01 ha 相近；而未行銀葉粉蝨防治之對照區，其瓜實產量 (186.08 kg/0.01 ha) 則僅爲生物防治組

的 57.3%（圖三）。卵形捕植蟎釋放後 44 日內銀葉粉蝨族群均顯著低於未釋放區，顯然釋放 7 隻或 14 隻卵形捕植蟎均能有效抑制粉蝨族群密度達 44 日以上（圖一）。台灣中部春季的胡瓜栽培，自種子點播並發育至 4-5 片本葉所需時間爲 22-24 日，此時正爲銀葉粉蝨遷入瓜田的初期，若依適當比例釋放卵形捕植蟎，則捕植蟎天敵可有效抑制胡瓜銀葉粉蝨族群至點播後的第 68 日；而此時胡瓜瓜實之累積產量 (316.86 kg) 已達其總產量 (324.56 kg) 的 97.9%；同一時間化學藥劑防治區的瓜實產量 (361.06 kg) 亦達其總產量的 97.6%（圖三）。據此結果，顯然在網室內釋放卵形捕植蟎除有效控制胡瓜栽培期之銀葉粉蝨族群外，更可確保胡瓜全期之產量與品質（表一、圖一、三）；既減少化學藥劑防治之成本，又可避免瓜實因連續性採收特性，致令瓜實潛藏殘毒風險。此外，卵形捕植蟎暴露在殺菌劑（撲滅寧）的環境下，其族群仍有增長（表二，圖二），顯示出殺菌劑與天敵共同使用的可能性，並對經濟作物之微小型害蟲的綜合管理，提供另一思考的層面。

近 20 年來，有 60 餘種藥劑（分屬七大類）用於防治煙草粉蝨或銀葉粉蝨，但僅 15 種具田間防治效果 [6]。銀葉粉蝨對藥劑之抗性，會因不同族群所在的生態環境與用藥模式而有顯著差異 [36]。諸多學者證明，以化學殺蟲藥劑累代篩選銀葉粉蝨族群，其抗藥性爲感性族群的數十倍至數百倍 [26, 29]。且多數殺蟲劑均對天敵造成毒害而大幅降低其對害蟲的抑制力 [15, 21]。

過去的案例僅 10-20% 的天敵可於田間立足，且僅更少數達到防治效果 [1]。依據理論與實際之觀點，學者主張應同時使用多種天敵以求作用力之互補 [12, 17]。而 Ehler and Hall [8] 則認爲，多種天敵同時釋放將使各天敵在田間立足的時間延長，且易造成種間競爭。至今，國際間超過 600 件以上的生物防治案例，僅 16% 可達到與化學防治相同的效果，其主要原因便是天敵不易於田間立足 [11]。因此，(1) 立足機率高，(2) 與藥劑相融性高，(3) 對各不同環境條件具高適應性 (Fitness gene diversity to the adverse condition of environment) 之天敵，強過找到及同時釋放多種天敵，卵形捕植蟎似具備該等條件，將能大幅提昇生物防治成功的機率。

天敵與食餌間之相互關係，顯然受生物因子（寄主植物、微生物、非標的害蟲昆蟲、天敵異種間干擾或競爭）與環境因子（溫度、濕度、雨量）等相互作用而益形複雜 [19, 24]。例如捕植蟎感染眞菌 *Microsporidium phytoseiuli* 將顯著影響其捕食量 [2]；而寡食性 (oligophagous) 或多食性 (polyphagous) 的捕植蟎，多有自殘或捕食他種捕植蟎以增加存活率的特性 [5]。因此，生物防治銀葉粉蝨時應力求提昇田間現有天敵之捕食潛能及族群增殖率。設施環境如網室等容易控制，害蟲種類單純、較少干擾，生物防治的效果當較爲顯著 [8, 37]。

本試驗證實接種釋放卵形捕植蟎顯著有效控制胡瓜銀葉粉蝨族群，又於食餌匱乏時卵形捕植蟎可利用植物（胡瓜、玉米）花粉維持其族群等特性(25, 28)；此等結果均為利用此本土性天敵防治胡瓜銀葉粉蝨提出有利證明。而卵形捕植蟎偏好捕食銀葉粉蝨的一、二齡若蟲（未發表），若配合田間自然發生之寄生性天敵如東方蚜小蜂 (*Eretmocerus orientalis* Silvesti) 及施用選擇性化學藥劑等，將可建立完整的銀葉粉蝨綜合防治模式。

引用文獻

1. Beirne, B. P. 1985. Avoidable obstacles to colonization in classical biological control of insects. Can. J. Zool. 63: 743-747.
2. Bjornson, B., and B. A. Keddie. 1999. Effects of *Microsporidium phytoseiuli* (Microsporidia) on the performance of the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). Biol. Contr. 15: 153-161.
3. Chang, H. Y., and Y. H. Tseng. 1978. A field survey of phytoseiid mites of tropical orchards in southern Taiwan. Plant Prot. Bull. 20: 338-345 (in Chinese).
4. Chang, H. Y., C. T. Chen, C. I. Shih, and B. H. Hsu. 1995. Effect of temperature on the development and reproduction of *Amblyseius ovalis* (Evans) (Acarina: Phytoseiidae) feeding on *Oligonychus mangiferus* (Raman and Sapra) (Acarina: Tetranychidae) and maize pollen. Plant Prot. Bull. 37: 413-421 (in Chinese).
5. Croft, B. A., and N. B. Croft. 1996. Intra- and interspecific predation among adult female phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae): effects on survival and reproduction. Environ. Entomol. 25: 853-858.
6. Dittrich, V., S. Uk, and G. H. Ernst. 1990. Chemical control and insecticide resistance of whiteflies, pp. 263-286. In D. Gerling (ed.), Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept, Andover, Great Britain.
7. Easterbrook, M. A., J. D. Fitzgerald, and M. G. Solomon. 2001. Biological control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on strawberry in the UK using species of *Neoseiulus (Amblyseius)* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 25: 25-36.
8. Ehler, L. E., and R. W. Hall. 1982. Evidence for competitive exclusion of

introduced natural enemies in biological control. Environ. Entomol. 11: 1-4.

9. Elbadry, E. A. 1967. Three new species of phytoseiid mites preying on the cotton whitefly, Bemisia tabaci, in the Sudan (Acarina: Phytoseiidae). Entomophaga 13: 323-329.

10. Gerling, D., V. Kravchenko, and M. Lazare. 1997. Dynamic of common green lacewing (Neuroptera: Chrysopidae) in Israeli cotton fields in relation to whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) population. Environ. Entomol. 26: 815-827.

11. Hall, R. W., L. E. Ehler, and B. Bisabri-Ershadri. 1980. Rate of success in classical biological control of arthropods. Bull. Entomol. Soc. Amer. 25: 280-282.

12. Hassell, M. P. 1978. The dynamics of arthropod predator-prey systems. Princeton Univ. Press, Princeton, N. J. 237 pp.

13. Heinz, K. M., and M. P. Parrella. 1998. Host location and utilization by selected parasitoids of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae): implications for augmentative biological control. Environ. Entomol. 27: 773-784.

14. Heinz, K. M., J. R. Brazzle, M. P. Parrella, and C. H. Pickett. 1999. Field evaluations of augmentative releases of *Delphastus catalinae* (Horn) (Coleoptera: Coccinellidae) for suppression of *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Homoptera: Aleyrodidae) infesting cotton. Biol. Contr. 16: 241-251.

15. Hill, T. A., and R. E. Foster. 1998. Influence of selective insecticides on population dynamics of European red mite (Acari: Tetranychidae), apple rust mite (Acari: Eriophyidae), and their predator Amblyseius fallacis (Acari: Phytoseiidae) in apple. J. Econ. Entomol. 91: 191-199.

16. Hoelmer, K. A., L. S. Osborne, and R. K. Yokomi. 1993. Reproduction and feeding behavior of *Delphastus pusillus* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 86: 322-329.

17. Huffaker, C. B., P. S. Messenger, and P. DeBach. 1971. The natural enemy component in natural control and the theory of biological control, pp. 16-67. In C. B. Huffaker (ed.). Biological control. Plenum Press, New York. 511 pp.

18. Landa, Z., L. Osborne, F. Lopez, and J. Eyal. 1994. A bioassay for determining pathogenicity of entomogenous fungi on whitefly. Biol. Contr. 4: 341-350.

19. Lester, P. J., D. J. Pree, H. M. A. Thistlewood, L. M. Trevisan, and R.

Harmsen. 1999. Pyrethroid encapsulation for conservation of acarine predators and reduced spider mite (Acari: Tetranychidae) outbreaks in apple orchard. Environ. Entomol. 28: 72-80.

20. Liu, T. X., and P. A. Stansly. 1999. Searching and feeding behavior of *Nephaspis oculatus* and *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), predators of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). Environ. Entomol. 28: 901-906.

21. Markwick, N. P. 1986. Detecting variability and selecting for pesticide resistance in two species of phytoseiid mites. Entomophaga 31: 225-236.

22. McAuslane, H. J., and R. Nguyen. 1996. Reproductive biology and behavior of a thelytokous species of *Eretmocerus* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 89: 686-693.

23. Meyerdirk, D. E., and D. L.Coudriet. 1985. Predation and developmental studies of *Euseius hibisci* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). Environ. Entomol. 14: 24-27.

24. Morris, M. A., R. E. Berry and B. A. Croft. 1999. Phytoseiid mites on peppermint and effectiveness of *Neoseiulus fallacis* to control *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) in arid growing regions. J. Econ. Entomol. 92: 1072-1078.

25. Pai, K. F., and C. I. T. Shih. 2002. Effects of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and cucumber pollen on development and fecundity of *Amblyseius ovalis* (Acari: Phytoseiidae). Plant Prot. Bull. 44: 101-114 (in Chinese).

26. Prabhaker, N., N. C. Toscano, and T. J. Henneberry. 1998. Evaluation of insecticide rotations and mixtures as resistance management strategies for *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 91: 820-826.

27. Shih, C. I. T., and C. J. Wang. 2001. Functional response of *Amblyseius ovalis* (Evans) (Acarina: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* Koch (Prostigmata: Tetranychidae): Effects of prey stages. In: Acarology X, R. B. Halliday, D. E. Walter, H. C. Proctor, R. A. Norton and M. J. Colloff (eds.), pp. 498-505. CSIRO Publishing, Melbourne.

28. Shih, C. I. T., H. Y. Chang, P. H. Hsu, and Y. F. Hwang. 1993. Responses of *Amblyseius ovalis* (Evans) (Acarina: Phytoseiidae) to natural food resources and two artificial diets. Exp. Appl. Acarol. 17: 503-519.

29. Sivasupramaniam, S., and T. F. Watson. 2000. Selection for fenpropathrin and fenpropathrin + acephate resistance in the silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 93: 949-954.

30. Speyer, E. R. 1927. An important parasite of the greenhouse white-fly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood). Bull. Entomol. Res. 17: 301-308.

31. Stinner, R. E. 1977. Efficacy of inundative releases. Ann. Rev. Entomol. 22: 515-531.

32. Swirski, E., and N. Dorzia. 1968. Studies on the feeding, development, and oviposition of the predaceous mite *Amblyseius limonicus* Garman and McGregor (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. Isr. J. Agric. Res. 18: 71-75.

33. Swirski, E., and N. Dorzia. 1969. Laboratory studies on the feeding, development, and fecundity of the predaceous mite *Typhlodromus occidentalis* Nesbitt (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. Isr. J. Agric. Res. 19: 143-145.

34. Swirski, E., S. Amitai, and N. Dorzia. 1967. Laboratory studies on the feeding, development, and fecundity of the predaceous mites *Amblyseius rubini* Swirski and Amitai and *Amblyseius swirski* Athias (Acarina: Phytoseiidae) on various food substances. J. Agric. Res. 17: 101-119.

35. Teich, Y. 1966. Mites of the family Phytoseiidae as predators of the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius. Isr. J. Agric. Res. 16: 141-142.

36. Toscano, N. C., N. Prabhaker, S. J. Castle, and T. J. Henneberry. 2001. Inter-regional differences in baseline toxicity of *Bemisia argentifolii* (Nomoptera: Aleyrodidae) to the two insect growth regulators, Buprofezin and Pyriproxyfen. J. Econ. Entomol. 94: 1538-1546.

37. van Lenteren, J. C. 1988. Biological and integrated pest control in greenhouse. Ann. Rev. Entomol. 33: 239-269.

38. Wang, C. J., and C. I. T. Shih. 2001. Functional responses of *Amblyseius ovalis* (Evans) on *Tetranychus urticae* Koch: Effects of substrate component and size of rearing arena (Acari: Phytoseiidae: Tetranychidae). In: Acarology

X, R. B. Halliday, D. E. Walter, H. C. Proctor, R. A. Norton and M. J. Colloff (eds.), pp. 506-512. CSIRO Publishing, Melbourne.

Abstract

Pai, K.F., Shih, C. I., and Wang, C. J. 2003. Integrated control of *Bemisia* avgentifoli with *Amblyseius ovodis* on cueumber. Proceedings of Intedgrated Management of Crops Pests in Taiwan.

Taichung District Agricultural Improvement Station, Tatsuen, Changhua, Taiwan.

The silverleaf whitefly *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (SLWF) reduced the fruitage yield of cucumber. *Amblyseius ovalis* suppressed SLWF population density on cucumber and it showed the same degree of effectiveness as chemical measures. The cucumber yields were higher on *A. ovalis* released plots (324.56 kg / 0.01 ha) than no predators released plots (186.08 kg / 0.01 ha) . We released *A. ovalis* 7 adults / plant or 14 adults/plant and achieved a better suppression on SLWF density and a higher yield of cucumber fruitage. Inoculative release of *A. ovalis* increase the cucumber yield, so did the measures of integrating predator releases and selected pesticide. We conclude that *A. ovalis* can be adopted for integrated control of SLWF with carefully selected pesticides.

Key words: *Amblyseius ovalis* 、 *Bemisia argentifolii* 、 release densities 、 cucumber yield